

VISIONE INDUSTRIALE

Il filtro entropico per il rilevamento di difetti tramite analisi di immagini

QUESTO ARTICOLO DESCRIVE LA TEORIA E L'APPLICAZIONE DI UN METODO PER IL RILEVAMENTO DI DIFETTI SU TRAME, CON ESEMPI RELATIVI A PELLE E CUIOIO DI BOVINI. IL PRINCIPIO DEL FILTRO ENTROPICO UTILIZZATO È QUELLO DI INDIVIDUARE LE ZONE DI PARTICOLARE CAOTICITÀ COME ASSOCIATE A UN DIFETTO O TIPO DI DANNEGGIAMENTO.

L'applicazione a immagini diverse richiede solo modifiche minime e intuitive all'algoritmo descritto, che si presenta quindi flessibile e rapido.

I principali problemi dell'industria conciaria e altri metodi per il riconoscimento di difetti nella pelle sono stati illustrati rispettivamente in^[1] e in^[2]. I difetti in esame possono essere preesistenti

sulla pelle o essere messi in evidenza o attenuati nei vari trattamenti.

Nella letteratura scientifica l'automazione del controllo di qualità è stato affrontato con tecniche come la correlazione dei colori o la decomposizione ai valori singolari^[3]. Questi sistemi fanno riferimento alla struttura strettamente deterministica del tessuto che presenta valori di distribuzioni e densità fisse. Il cuoio al contrario presenta una quantità notevole

di variazioni analoghe a quelle che si riscontrano in un gruppo multietnico, in quanto la pelle non cambia unicamente in base all'appartenenza a un gruppo ma anche alla varianza interna al gruppo e a quella dettata dagli eventi affrontati durante la vita (come i parassiti, gli scontri con altri animali, sfregamento contro sassi, staccionate, alberi e persino fori di pallottole dei mandriani). Questa caoticità ha spinto la ricerca



FIG 1 – Immagine di sezione di cuoio con presenza di marchio a fuoco.

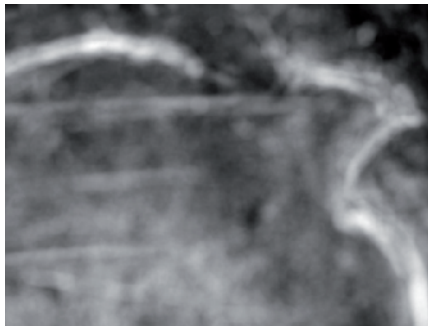


FIG 2 – Immagine in scala di grigi a seguito del filtro entropico.



FIG 3 – Immagine di sezione di cuoio con presenza di calli.

di uno strumento sufficientemente flessibile e robusto da testare su un database di immagini di difetti di pelli appositamente creato.

Il filtro entropico

Date la notevoli variazioni riscontrate, si è intuita la necessità di identificare parametri unici validi su qualsiasi campione di immagine, poiché esistono delle caratteristiche (ingl. *feature*) visive

che rimangono pressoché invariate. Non potendo creare un software complesso come la mente umana, si è dovuto ridurre preventivamente (*pre - processing*) l'eventuale "rumore" presente nelle immagini che poteva ingannare il rilevamento dei difetti. Ovviamente possono scaturire falsi positivi anche da illuminazione non uniforme, come ombre o pieghe, durante l'acquisizione delle immagini.

Indipendentemente dalla mutevolezza della pelle, come anche per i materiali tessili, un difetto può anche essere visto come una interruzione di continuità. Per tale ragione risultano poco efficaci metodi basati su soglie (ingl. *threshold*) fisse. La funzione utilizzata è anche già presente nel Image Processing Toolbox di Matlab con il nome di EntropyFilt.

$J = \text{entropyfilt}(I, \text{NHOOD})$

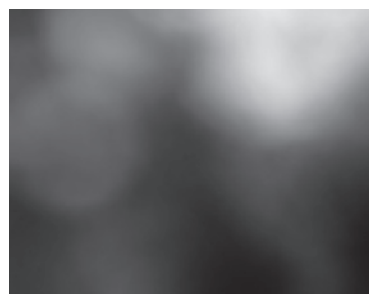
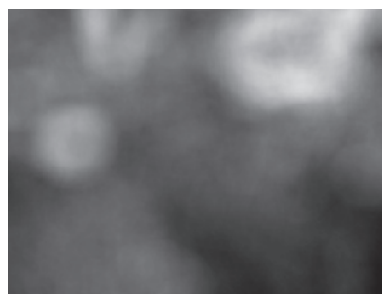
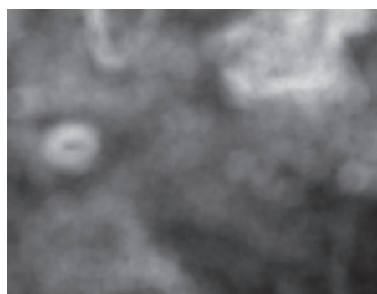


FIG 4 – 5 – 6 – Immagine elaborata con filtro entropico e elemento strutturale circolare di dimensione 16, 32 e 64 pixel.



FIG 7 – Esempio di "basso di fiore", erosione dello strato nobile a causa di sfregamenti.



FIG 7bis – Immagine di "calli" a seguito di binarizzazione.

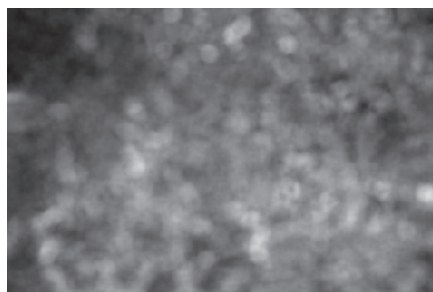


FIG 8 – "Basso di fiore" a seguito dell'entropy filt.



FIG 8bis – Immagine di "calli" a seguito di binarizzazione erosione e dilazione.

Questa funzione riceve in ingresso un'immagine I in scala di grigi e un elemento strutturale NHOOD con rapporto di vicinanza (ingl. *neighborhood*) tra i pixel e restituisce un'immagine J in cui le intensità luminose dei pixel sono i corrispondenti i valori di entropia. L'elemento strutturale prescelto per il problema dei difetti è circolare (detto ball) che si adatta alla forma della maggior parte dei difetti da ricercare. Sono comunque disponibili tutte le possibili geometrie, se è nota in anticipo la forma e l'orientamento del difetto da ricercare in altre applicazioni. Il filtro calcola l'entropia tramite l'altra funzione Matlab Entropy per ciascuna area dell'immagine racchiusa nell'elemento strutturale NHOOD che scorre sull'intera immagine I. Le figure contengono alcuni esempi di elaborazioni.

L'espressione utilizzata per il calcolo dell'entropia S è quella classica

$$S = -k_b \sum P_i \ln P_i$$

dove k_b è la costante di Boltzmann e P_i è la probabilità associata alla configurazione di un sistema in uno specifico microstato i . La proiezione dell'entropia nell'analisi dell'immagine consiste nel considerare P_i come la distribuzione di un i -esimo colore

all'interno di una sezione di una immagine e quindi associare le variazioni delle "configurazioni di colore" all'interno di un "sistema immagine" come caoticità di quest'ultimo. Data la natura logaritmica dell'entropia, variazioni piccole di colore nell'immagine vengono amplificate ma immediatamente pesate e smorzate secondo la loro frequenza ottenendo così una certa omogeneità nell'immagine ottenuta tramite

l'elaborazione. Maggiore continuità è presente su pelli allo stato detto "wet blue", poiché impregnate di liquidi al cromo, presentano maggiore uniformità. Allargando l'elemento struttura NHOOD si attenuano le variazioni più piccole di intensità, come mostrato dagli esempi.

Descrizione dell'algoritmo sviluppato

Una volta ottenuta l'immagine in scala di grigi in uscita dal filtro entropico,

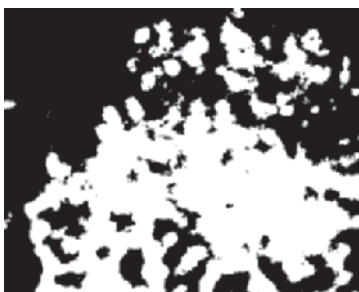


FIG 9 – "Basso di fiore" a seguito del filtraggio e della binarizzazione.



FIG 10 – "Basso di fiore" a seguito di un'ulteriore omogenizzazione dei bordi delle discontinuità riscontrate.



FIG 11 – Marchio a fuoco a seguito di filtraggio e binarizzazione.



FIG 12 – 13 – 14 – 15 Marchio a fuoco evidenziato con diversi criteri.

viene binarizzata alla soglia prestabilita di 128 permettendo una selezione delle discontinuità più evidenti e quindi eliminando molte di quelle relative alle aree caotiche prive di difetti indicate come zone bianche (valore logico 1 – discontinuità forte) su uno sfondo nero (valore logico 0 discontinuità debole). Come si può notare, il risultato di questa elaborazione può presentare comunque zone particolarmente frastagliate, dipendenti in parte dall'algoritmo e in parte alla natura dell'immagine. Affinché le zone sospette risultino più affidabili e per eliminare piccole discontinuità vengono applicati due filtri morfologici rispettivamente di erosione e dilazione. La discontinuità nel difetto sembra l'informazione determinante per l'identificazione della classe di



FIG 16 – Risultato dell'algoritmo su "marchio a fuoco".

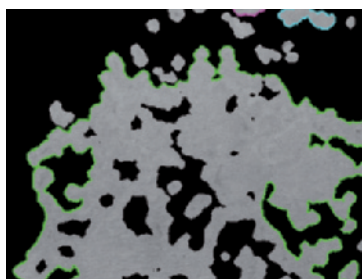


FIG 17 – Risultato dell'algoritmo su "basso di fiore".



FIG 18 – Risultato dell'algoritmo su "calli".



FIG 20 – Risultato dell'algoritmo su "wet blue" con cicatrici.



FIG 21 – Immagine di sezione di cuoio "wet blue" con difetti vari.



FIG 22 – Risultato dell'algoritmo su "wet blue" difetti vari.

appartenenza. Per comprendere meglio il concetto, si pensi all'identificazione una cicatrice sulla pelle di qualsiasi persona, indipendentemente dalle dimensioni o dal colore: le discontinuità all'interno delle discontinuità ne permettono il riconoscimento. Un esempio è rappresentato dal "basso di fiore". Come mostrato, a ciascuna "macchia" identificata viene associata una maschera in modo da evidenziare il singolo difetto per una verifica visiva o per sottoporlo a ulteriori analisi mirate al riconoscimento del "tipo".

Conclusioni

È stato mostrato che il filtro entropico utilizzato con un elemento strutturale circolare è in grado di rilevare aree di difetto e può permetterne anche l'identificazione attraverso ulteriori analisi ancora allo studio. L'intrinseca robustezza dell'algoritmo dipende, non dalla qualità della pelle (cioè se priva o meno di difetti), ma

dalle caratteristiche "caotiche" del campione stesso, infatti una pelle maculata causerebbe numerosi falsi positivi, senza un'adeguata scelta della forma e dimensione dell'elemento strutturale. Pur essendo intuitiva la scelta della dimensione dell'elemento strutturale utilizzato dal filtro entropico, che è dell'ordine della dimensione dei difetti da rilevare, è comunque possibile immaginare un sistema di addestramento automatico dell'algoritmo sulla base di campioni preventivamente identificati come buoni e come difettosi. La verifica dell'algoritmo su ampi gruppi di immagini diversificate, permetterà di individuare eventuali costanti empiriche di uso generale.

Ringraziamenti

Il presente lavoro è stato svolto come progetto di automazione dei processi produttivi 2010-11 dell'ing. Gasparri del corso di laurea specialistica in

ingegneria dell'automazione nell'ambito del progetto ASALP del programma Cornet dell'unione europea, finalizzato alla realizzazione di un sistema automatico di ispezione nell'industria conciaria. Si ringraziano M. Manzi dell'associazione Assa e R. Giannotti della Nuova Giò di Santa Croce sull'Arno e C. Raspi della CGS di Pisa.

Bibliografia

- ¹ Squassoni, F.; Lanzetta, M.: Analisi di texture con algoritmi di visione, Automazione Integrata, vol. XIV, n. 7, Luglio 2011, Ed. Tecniche Nuove, Milano, ISSN: 0393-3911, pp. 27-29 (3).
- ² Squassoni, F.; Lanzetta, M.; Raspi, C.: Visione artificiale nell'industria conciaria, Automazione Integrata, vol. XIV, n. 6, Giugno 2011, Ed. Tecniche Nuove, Milano, ISSN: 0393-3911, pp. 58-61 (4).
- ³ Cancemi, L.; Coppola, A.; Lanzetta, M.: La decomposizione ai valori singolari per l'analisi di immagini, Automazione Integrata, vol. XIV, n. 9, Settembre 2011, Ed. Tecniche Nuove, Milano, ISSN: 0393-3911, pp. 32-34